

**Міністерство освіти та науки України**  
**Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»**

**Кафедра екології**  
**Проф. Колесник В. Е.**  
Навчальний посібник для самостійної роботи по курсу

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОЛОГІЇ**  
**(російською мовою)**

м. Днепропетровск  
2016 р.

# 1. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕМЕНТЫ КАРТОГРАФИИ

## 1.1. Роль геоинформационных технологий в управлении

Для управления любыми явлениями или объектами человек использует типовую схему (рис.1)

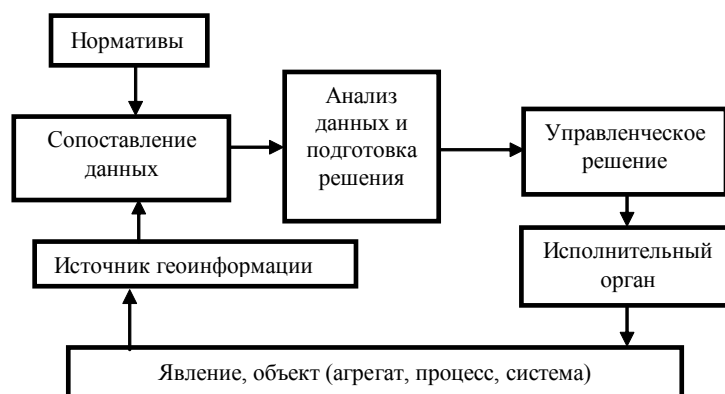


Рисунок 1.1 – Типовая схема принятия решений и управления

Схема предусматривает сбор и накопление информации об объекте и других априорных данных, определяющих задание или цель управления, их сопоставление или сравнение ее с существующими нормативами. Как правило, этот процесс обеспечивается автоматизированной информационной системой. Далее схема предусматривает анализ и подготовку решения при непосредственном участии человека, формирование управленческого решения и его реализацию.

Очень часто принять правильное управленческое решение легче, если суть проблемы визуализирована или отображена на географической карте или схеме. Например, данные об экологической ситуации тесно связаны с другими факторами: выбросами загрязнителей в атмосферу; сбросами сточных вод в поверхностные водоемы; загрязнение почвы нефтепродуктами, тяжелыми металлами; плотностью населения; уровнем заболеваемости и др. Будучи представленными на карте, они позволяют определить критические участки и способствуют быстрому принятию решения по ликвидации причин загрязнения окружающей среды.

Необходимость проанализировать географическое расположение явлений и объектов, их количественные и качественные характеристики при помощи карты возникают у представителей различных профессий. Прежде всего, это **управляющие структуры**, владеющие большими объемами информации, это и **специалисты**, оценивающие и прогнозирующие состояние какой-либо области человеческой деятельности, например, загрязнений территории, мониторинга чрезвычайных ситуаций промышленного и природного характера и т.п. Круг потребителей такой картографической информации очень широк, поэтому спрос на географические информационные технологии постоянно растет.

Информация географической направленности может поступать из многочисленных источников. Прежде всего, это различные типы карт: планы застроек, топо-

графические и тематические. Кроме того, данные могут поставляться с аэро- и космоснимков, из компьютерных сетей, из отчетов, из результатов полевых наблюдений. Поскольку тематическая или атрибутивная нагрузка данных может быстро меняться во времени, поэтому становится неприемлемым использование бумажных карт.

В результате, быстроту получения и обработки информации, а также актуальность принятия решения на ее основе может обеспечить только автоматизированная система.

Первыми попытками автоматизации в географии стали банки географических данных. Однако с течением времени накапливался опыт сбора, хранения и управления данными, нарабатывались библиотеки программ для решения однотипных задач, и появились так называемые геоинформационные технологии и геоинформационные системы, которые базируются преимущественно на электронных картах.

## 1.2. Основные элементы картографии

**План и карта** — это уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости в определенном масштабе с помощью условных знаков.

**Масштаб** — степень уменьшения объектов при изображении их на плоскости. Он может быть числовым, именованным и линейным.

**Числовой масштаб** — отношение, которое показывает, во сколько раз уменьшены размеры объекта при изображении на плоскости. Например, на карте масштаба 1:50000 такое уменьшение составляет 50000 (1 см на карте отвечает 50000 см на местности). Его можно записать в виде дроби: 1:50000

**Именованный масштаб** показывает, скольким метрам или километрам на местности отвечает 1 см на карте. Записывается: в 1 см - 500 м.

**Линейный (графический) масштаб** — это графическое изображение именованного масштаба (рис. 1.2).

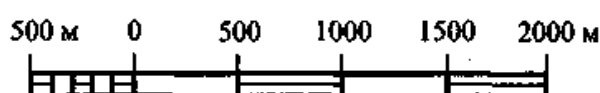


Рисунок 1.2 – Линейный масштаб

Зная масштаб карты, можно определить расстояние между: отдельными пунктами. Кратчайшее расстояние между: пунктами называется **ортодромией**. Измеряют это расстояние с помощью линейки и переводят в масштаб. Ортодромия не всегда на карте является прямой линией, особенно, если кратчайшее расстояние между объектами необходимо найти в условиях городской застройки при движении по улицам.

На картах есть градусная сетка, образованная пересечением меридианов и параллелей, по которым определяют **географические координаты** пунктов.

**Географическая широта** — это расстояние от экватора вдоль меридиана к данному пункту на север или юг, выраженное в градусах.

**Географическая долгота** — это расстояние вдоль параллели восточнее или западнее от начального меридиана к данному пункту, выраженное в градусах. (могут выражаться в шестидесятиричной и десятичной системах счисления).

1 градус вмещает 60 угловых минут или 3600 секунд, например, широта 52 гр.30 мин.30 сек.

Перевод градусов, минут и секунд в десятичные градусы ([www.bygeo.ru](http://www.bygeo.ru))

V, градусы	C, минуты	D, секунды	J, десятичные градусы
52	30	30	

$$J = V + (C/60) + (D/3600) = 52 + 30/60 + 30/3600 = 52,50833.$$

Обратный перевод из десятичных градусов ([www.planetalc.ru](http://www.planetalc.ru))

Градусы	градусы	минуты	градусы	минуты	секунды
48,516604	48	30,99624	48	30	59,7744
0,516604*60=		0,99624*60=			
30,99624		59,7744			

Координаты НГУ в Днепропетровск, соответственно в десятичных градусах и градусах, минутах и секундах ([www.pohodushki.org/ru/conversion-geo-coordinates](http://www.pohodushki.org/ru/conversion-geo-coordinates)):

Широта	48,43614	48 гр.26,169 мин.	48 гр.26 мин,10,1 сек
Долгота	35,042782	35 гр.2,567 мин.	48 гр.2 мин,34 сек

Градусная сетка отсутствует **на плане**, поскольку план охватывает небольшую территорию (предельный масштаб плана 1:5000, т.е. в 1 см – 50 м). Для построения плана местности необходимо уметь измерять расстояния и направления и откладывать их в определенном масштабе на плоскости. Для определения направлений чаще всего пользуются азимутами.

**Азимут** – это угол между: направлением на север и заданной линией (отсчитывается в градусах по часовой стрелке, рис.1.3). По азимутам можно строить направления на плане. Азимут может быть прямой и обратный. Для определения обратного азимуту следует построить угол между: направлением на север и заданным предметом в противоположной точке (конец направления), или к величине прямого азимута прибавить 180. Например, если ветер дует по азимуту 30°, то загрязнитель от источника выброса понесет по азимуту 210° (30° + 180° = 210°).

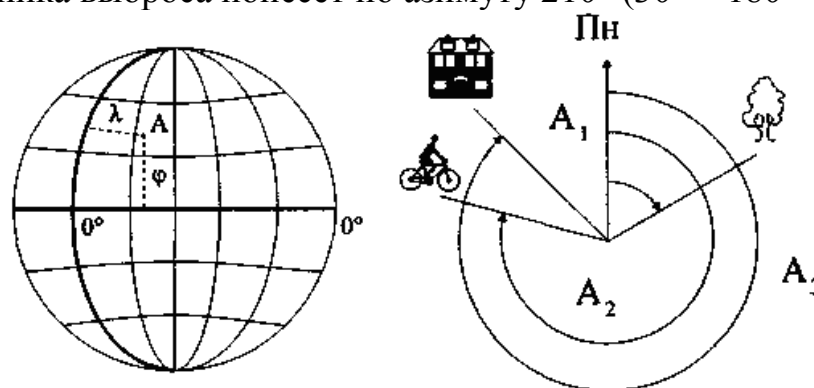


Рисунок 1.3 – Географические координаты и азимуты

### 1.3. Топографические карты

Топографические карты принадлежат к общегеографическим. Они отличаются наибольшей точностью изображения и потому пригодны для детального изучения местности. С помощью этих карт можно не только установить точное местонахождение объектов, а и определить их размеры, дать качественную характеристику.

Чтобы определить на топографической карте положения данного объекта, надо установить его **долготу и широту** в системе географических координат и пря-

моугольные координаты, которые определяются по параллелям и меридианам. На топокарте таких нет, но их можно провести. Меридианы проводятся параллельно к вертикальной стороне рамки карты, а параллели – к горизонтальной; на минутной рамке карты есть значения географической широты и долготы.

Чтобы определить показатели географических координат пункта, надо из него опустить перпендикуляры на минутную рамку карты (на вертикальной рамке будет географическая широта, а на горизонтальной – долгота).

Топографическая карта пересекается под прямым углом линиями километровой сетки, на внутренней стороне карты подписывают значения прямоугольных координат (вверх –  $x$  (долгота), по горизонтали –  $y$  (широта)). Координатная сетка на топокарте имеет вид, приведенный на рис. 1.4. (угол  $\gamma$  характеризует схождение меридианов)

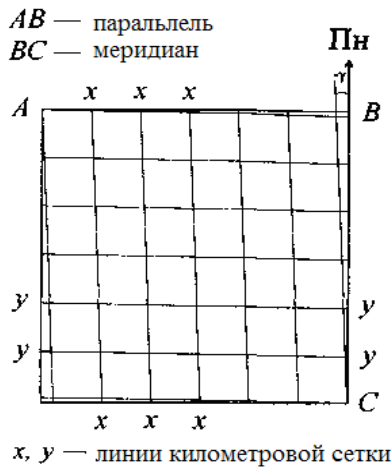
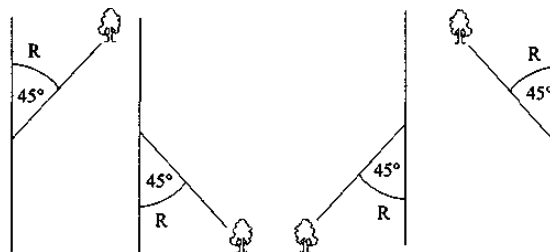


Рисунок 1.4 – Координатная сетка

Горизонтальные километровые линии проведены параллельно к экватору (подпись показывает, на каком расстоянии). На картах масштаба 1:200 000 (топокарты областей Украины) подписей километровых линий нет, но, зная, что они проведены через каждые 4 км, можно определить расстояния между: пунктами.

На топокарте можно определять также **румбы** – углы, которые измеряются от ближайшего конца (северного или южного) меридиана. Их значение может быть одинаковым для разных направлений, поэтому перед ними указывают направление (рис.1.5).



ПнСх45, ПдСх45, ПдЗх45, ПнЗх45°

Рисунок 1.5 – Румбы

На топокартах можно точно определить **расстояния между объектами** (с помощью линейки, нити или курвиметра с использованием масштаба) а также **площа-**

**ди объектов.** Площади определяются при помощи палетки (сетка квадратов) или путем разбиения на правильные геометрические фигуры. Палетку накладывают на объект и считают количество квадратиков палетки. Для измерения площади объекта способом разбиения на геометрические фигуры выбирают наиболее рациональные (рис. 1.6).

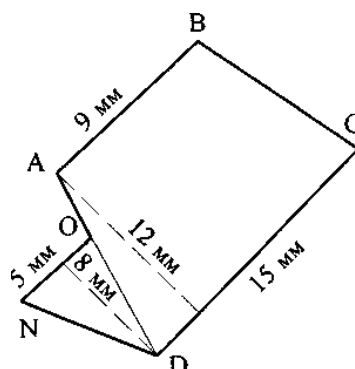
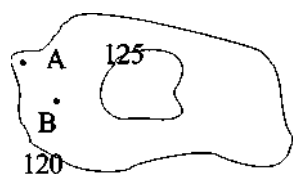


Рисунок 1.6 – Разбиение сложной фигуры на карте для вычисления ее площади

Например, фигуру разбиваем на трапецию ABCD со сторонами 9 и 15 мм, высотой 12 мм и треугольник OND с основой 5 мм и высотой 8 мм.

На топокартах можно определять **высоты местности**. Абсолютные высоты здесь обозначаются горизонталями или отметками высот. Если пункт совпадает с ними, то лишь снимают отметки высоты. Если же пункт лежит между горизонталями, то высота определяется способом интерполяции (рис. 10).



$$H_A = 121 \text{ м}, H_B = 124 \text{ м}$$

Рисунок 1.8 – Определение относительной высоты как разности абсолютных высот пунктов:  $\Delta H = 124 - 121 = 3$  (м).

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте роль геоинформационных технологий в управлении
2. Охарактеризуйте план и карту.
3. Охарактеризуйте виды масштабов карты.
4. Дайте определение географической широты и долготы местности.
5. Поясните назначение азимута.
6. Поясните, как определяется расстояния между объектами и высота объекта на карте.

## 2. ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

### 2.1. Основные понятия и определения, используемые в цифровой картографии

**Электронная карта (ЕК)** – это векторная или растровая карта, сформированная на машинном носителе с использованием программных и технических средств в принятой картографической проекции, системе координат и высот, условных знаков, которые передают необходимое содержание, и предназначенная для отображения совместно со специальной (статистической) информацией, анализа и моделирования, а также для решения информационных и расчетных задач.

**Цифровая карта (ЦК)** – это цифровая модель земной поверхности, сформированная с учетом законов картографической генерализации в принятых для карт проекции, системе координат и высот.

ЦК позволяет отображать динамику событий, которые происходят, с привязкой к карте, т.е. имеет и четвертое измерение - время.

Таким образом, важнейшим **преимуществом электронных карт** – это их способность передавать информацию об обстановке в режиме реального времени. В качестве модели она должна служить средством познания структуры изображаемых на ней явлений и процессов, их взаимной связи, динамики во времени и пространстве.

**Объект** – это данные, встречающиеся на карте; каждый объект может быть описан одним или несколькими геометрическими **примитивами** (точками, линиями, площадями и др.) и **атрибутами**;

**Атрибуты** – числовые или символьные характеристики, содержащиеся в базе данных, они могут относиться как к самим примитивам, так и к объектам. Данные, хранящиеся в атрибутах этих видов, принадлежат, как правило, к целым, вещественным и символьным типам. Например, атрибуты для установления типа дороги можно задать следующим образом:

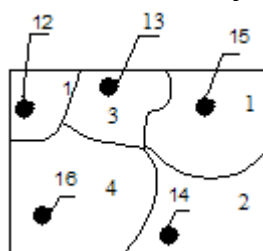
Атрибут	Значение
Тип дороги	1-автострада, 2-главная дорога, 3-вспомогательная дорога, 4-ремонтруемая дорога, 5-строющаяся дорога, 6-проектируемая дорога
Материал покрытия	1-бетон, 2-асфальт, 3-щебенка, 4-грунт
Ширина	Величина в метрах (6, 12, 18 м)
Число полос	Количество полос (2, 3, 4.)
Имя	Название дороги, например Н-60

По мере развития геоинформационных технологий разнообразие используемых атрибутов увеличивается. Например, атрибуты "действия" или "поведения", т.е. функции, которые должны быть выполнены при определенных условиях (подсчет вклада объекта в загрязнение атмосферы при выборе этого объекта).

**Совокупность примитивов и атрибутов образует простой объект.**

**Совокупность простых объектов образует сложный или составной объект.**

Все объекты или примитивы должны иметь свой номер или идентификатор, при помощи которого можно привязать тематическую информацию к графической.



Номер	Тип	Периметр	Площадь
12	1	500	2000
13	3	1478	4000
14	2	2000	4690
15	1	769	2890
16	4	1420	3789

Номер	Состав	Год последней оценки	Техногенное воздействие
12	Ель	1990	сильное
13	Сосна	1987	Сильное
14	Сосна	1993	Среднее
15	Ель	1990	Слабое
16	ель	1992	среднее

Рисунок 2.1 – Пример использования идентификаторов (индексов или номеров) для отображения разной атрибутивной информации

Использование **идентификаторов** открывает широкие возможности для просмотра и анализа **данных относящиеся к пространственному объекту и, наоборот, по информации в базе данных можно определить графический объект, т.е. объект на карте.**

**Понятие слоя.** Карта во многих системах организована как набор слоев информации. Слой составляют объекты, объединенные одной темой, например, гидрография, или одним типом, например, слой точек, слой линий или слой информации о загрязнении территории, заболеваемости населения и т.п.

Например, географический район Днепропетровская область может быть представлен:

- 1) слоями полигонов (экономико-географические районы, административные регионы и районы, зоны экологического районирования);
- 2) слоями линейных объектов (реки, инженерные коммуникации и т.д.);
- 3) слоями точечных объектов (города, электростанции т. д.);
- 4) слоями цифровых моделей растровых полей, отображающих различные свойства географического района (цифровая модель рельефа, плотность населения и т. д.);
- 5) слоями изображений (аэрокосмические снимки, изображения географических карт).

## 2.2. Классификация цифровых карт

Основу классификации ЦК могут составлять разные показатели, потому цифровые карты классифицируются:

- 1) По видам автоматизированных систем, которые их используют:



- для использования в автоматизированных системах управления (АСУ);
- для использования в автоматизированных системах навигации (АСН): наземной, воздушной, космической;
- в автоматизированных системах народнохозяйственного назначения, вклю, включая различные геоинформационные системы (ГИС)

2) По назначению:

- для решения расчетных задач отображения и моделирования оперативной информации на местности;
- для задач отображения обстановки и местности на экранах коллективного и индивидуального пользования.

3) По видам и масштабам:

- электронные планы городов масштабов 1:10000, 1:25000;
- электронные топографические карты масштабов 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000;
- электронные авиационные карты масштабов 1:500000, 1:1000000, 1:2000000, 1:4000000;
- электронные тематические карты.

4) По способами представления (отображения) информации:

- двумерные модели (x, y);
- трехмерные модели (x, y, H);
- четырехмерные или пространственно-временные модели (x, y, H, t).

5) По формам представления:

- векторные;
- растровые.

**В народнохозяйственных системах** электронные карты должны обеспечить:

- оперативное управление народнохозяйственным комплексом в целом по областям;
- планирование использования материальных и природных ресурсов страны, анализ социальных процес сов;
- моделирование управления ресурсами и принятие решений в экстремальных ситуациях;
- мониторинг экологической обстановки;
- создание и ведение кадастров, т.е. решать те задачи, которые сейчас возлагаются на геоинформационные системы (ГИС).

Кратко охарактеризуем форму представления цифровых карт, которая может быть **векторной или растровой**.

Под **векторной формой** понимается способ представления метрической картографической информации **в виде набора векторов заданной длины и ориентации**.

Под **растровой формой** понимается способ представления картографической информации **в виде матрицы, элементами которой являются значения кодов цвета карты**.

### 2.3. Требования к цифровым картам

Требования к электронным и цифровым картам определяют из перечня решаемых с их помощью задач. Они **сводятся к следующим**.

1. Обеспечение системы картографической информацией для изучения страны, ее регионов и важнейших объектов.

2. Картографическая информация должна передаваться в простой и наглядной форме без потери полноты и достоверности.

3. Средства картографического обеспечения должны позволять получать обобщенные отображения местности с наименьшими затратами времени

4. Картографический способ передачи информации о местности должен обеспечивать выполнение расчетов и моделирование ситуаций.

5. Объем картографической информации, циркулирующей в системе, определяется характером решаемых задач.

6. Картографические проекции карт должны обеспечивать сплошное (без разрывов) картографирование отдельных регионов и значений их по объему территорий, а также максимально возможной для отображения на других частях земной поверхности с минимальными искажениями углов, линий и площадей.

7. Масштабный ряд карт должен обеспечить отображение современного состояния местности, ее типичные черты с детализацией и точностью, необходимой для решения задач всеми пользователями, а также обеспечивать нанесение элементов оперативной информации и определение координат объектов, быстро оценивать местность и ее свойства.

8. Для упрощения обмена информацией между разными пользователями, унификации средств передачи информации, система карт должна быть согласована по смыслу и унифицирована по математической основе, условными знакам и форматам надписей.

9. Содержание карт должно быть полным, достоверным, современным, точным и обеспечивать решение задач в интересах многих пользователей.

10. Полнота содержания карт означает, что на них должны быть изображены все типичные черты и характерные элементы и объекты местности, детали местности, а также подписей названий объектов. При этом, карты большого масштаба должны содержать все элементы, объекты и подписи, которые есть на картах мелкого масштаба.

11. Достоверность (правильность сведений, изображенных на карте на определенное время) и современность (соответствие современному состоянию объектов, которые отображаются) карты означают, что содержание карты должен отвечать местности на момент ее использования.

12. Требование точности карты заключается в том, что изображенные на ней объекты должны сохранять точность своего местоположения, геометрические детали и размеры соответственно масштабу карты и ее назначению.

13. Основными требованиями к условным знакам на картах являются:

- передача максимального объема информации об изображаемых на карте объектах и явлениях при минимальном их количестве;

- достижение наибольшей точности и деталей, наглядности картографического изображения и легкости его запоминания;

- обеспечение автоматизированного чтения, обработки и воспроизведения картографического изображения.

14. Цветное оформление карт должно осуществляться:

- с учетом требований потребителей и законов психологии восприятия объединений цветов на карте;

- цвета на карте должны содействовать максимальному расчленению разных элементов ее содержания;

- цветовая гамма карты должна обеспечивать наибольший цветовой контраст с изображением оперативной информации, статистических и других данных.

## 2.4. Методы создания электронных карт

Процесс создания цифровых карт включает следующие основные этапы:

1) автоматизированное преобразование начальной картографической информации в цифровую форму;

2) символизация цифровой картографической информации и автоматизированное составление электронных карт;

3) разработка системы управления базами данных (СУБД), предназначенной для работы с электронными картами.

**На первом этапе** решается задача получения на основе имеющихся начальных картографических материалов (аэрокосмических снимков, расчлененных оригиналов и цветных отображений карт) векторной цифровой модели как основы электронной карты.

Эта задача решается следующими методами:

1) методом цифрования исходных картографических материалов на планшете (цифрователе) путем отслеживания контуров объектов, подготовки и введения семантики, структуризации цифровой информации;

2) методом сканирования начальных картографических материалов с дальнейшей автоматической или интерактивной векторизацией и распознаванием растрового изображения, введение необходимой семантики и структуризации цифровой информации.

**На втором этапе** выполняется:

- символизация векторной модели;

- составление цифровой карты по уровням нагрузки;

- контроль и редактирования символизированных цифровых карт;

- получение архивной графической символизированной копии электронной карты.

**Символизации** заключается в присвоении каждому объекту кода (К) соответствующего условного знака из библиотеки условных знаков по классификационным кодам, характеристикам объектов и их значений. Этот процесс выполняется автоматически в зависимости от масштаба и вида электронных карт. При этом создается унифицированная библиотека условных знаков и шрифтов. Каждый условный знак имеет свое цифровое описание – векторное или(и) растровое.

**Уровень нагрузки** цифровой карты определяют следующим образом.

Исходное изображение, например, для электронной карты масштаба 1:50000 берется как базовое. Далее каждому объекту в зависимости от его значимости присваивается один из уровней нагрузки (1, 2, 3, 4).

Составление электронной карты **по уровням нагрузки** реализуется на экране дисплея в интерактивном режиме в окнах, начиная от наименьшего окна, в пределах которого читаются все объекты, с дальнейшим увеличением размеров окон.

В процессе составления электронных карт по уровням нагрузки осуществляется программный и визуальный контроль и редактирование информации, которые, в основном, сводятся к размещению подписей объектов.

Процесс создания электронных карт завершается получением **символизированной** графической копии последовательно для каждого уровня нагрузки, начиная с первого (с наиболее значимыми объектами).

**Информационное обеспечение технологии создания электронных карт** включает:

- систему классификации и кодирования картографической информации;
- правила цифрового описания картографической информации;
- систему (библиотеки) условных знаков электронных карт;
- формат электронных карт.

К основным методам, которые используются **в программном обеспечении** при создании электронных карт, относятся:

- методы автоматического распознавания образов (растровых изображений, которые получают при сканировании);
- методы картографической генерализации с использованием теории графов и логико-процедурного подхода;
- методы мультимедийного программного обеспечения;
- методы экспертных систем;
- методы установления пространственно-логических связей.

Все основные качества и преимущества электронных карт проявляются при их использовании. Поэтому вместе с собственно электронными картами потребителю могут предоставляться системы управления базами данных (СУБД) электронной карты.

## **2.5. Особенности технологии цифрового картографирования**

Классическое **представление карты в виде совокупности объектов** неизбежно ведет к нарушению топологической целостности модели территории, отражаемой картографическими материалами.

Изменить ситуацию можно посредством «отщепления» от объектной модели карты информации о границах объектов в отдельный слой – **слой топологии**. При этом каждый из объектов сохраняет ссылки на свои границы. Редактирование карты в этом случае сводится к редактированию **слоя топологии**.

Иллюстрацией послойного деления топографической карты может служить рис. 2.2.

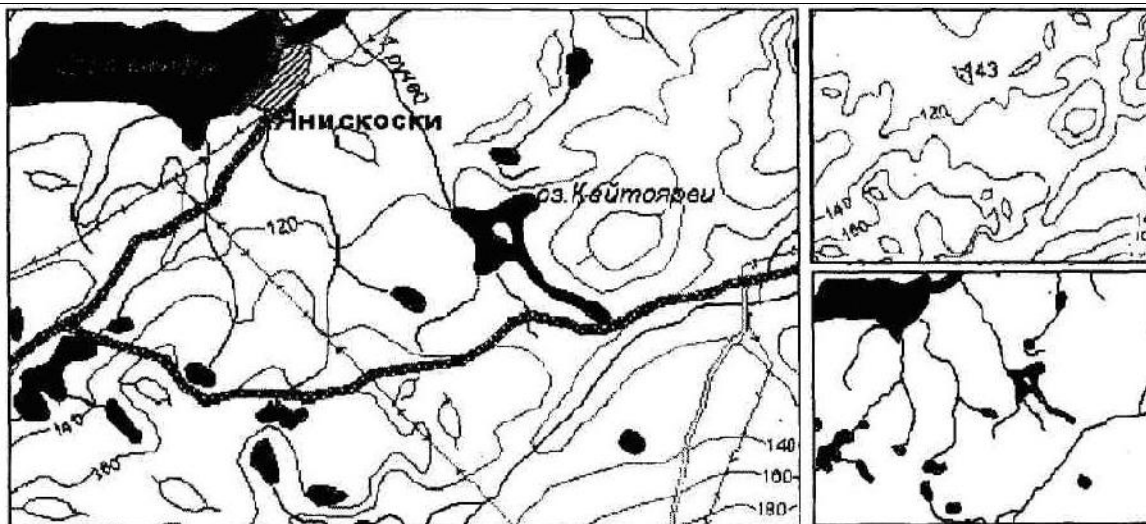


Рисунок 2.2 – Общий вид топографической карты (слева) и ее тематические слои (высоты, гидросеть)

Другой важный аспект создания современных цифровых карт связан с хранением **атрибутивной информации**, которая требуется чаще, чем пространственная. (Например, для создания различных форм, отчетов, сводных ведомостей, строящихся на основе атрибутивной информации).

Фактически все **управленческие задачи**, так или иначе, опираются на СУБД (система управления базами данных), которая основана на компьютеризованной технологии сбора, хранения и переработки информации или данных). Поэтому **атрибутивная информация** сосредоточена, как правило, в базе данных (БД). А связь с пространственной информацией, т.е. с картой, реализуется посредством назначения номера или индекса каждому из объектов карты.

## 2.6. Карта как модель территориальной инфраструктуры

Любая служба или отрасль обычно работает с совокупностью каким-либо образом классифицируемых и проиндексированных объектов, к которым добавляются атрибутивные и пространственные характеристики (например, согласно паспорту выбросов загрязнителей большим предприятием указывают точки источников выбросов и приводят их характеристики). Поэтому для каждой конкретной области картографии необходимо расщепление цифровой карты на **объектную и пространственную модели местности**.

**Объектная модель местности** должна быть тесно связана с **пространственной моделью**, определяя этими связями четкое расположение объектов в пространстве.

За хранение **пространственной и объектной** модели при классическом подходе отвечает ГИС, а присоединенные базы данных (БД) – за хранение атрибутивной информации.

Все **атрибутивные характеристики объектов** лежат обычно в таблицах реляционных баз данных, в то время как **пространственные характеристики** – внутри

геоинформационной системы, которая традиционно для их хранения использует обычные файлы.

Существующее расщепление моделей приводит к тому, что при обращении к атрибутивным данным обычно поддерживается механизм блокировок и транзакций – то есть многопользовательский доступ, в то время как для пространственных характеристик используются гораздо менее мощные механизмы обработки данных.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение электронной и цифровой карты
2. Охарактеризуйте понятия объекта, атрибута и слоя, используемых в цифровой картографии
3. Приведите классификацию цифровых карт.
4. Изложите основные требования к цифровым картам.
5. Изложите методы и этапы создания электронных карт
6. Изложите особенности технологии цифрового картографирования
7. Охарактеризуйте карту как модель территориальной инфраструктуры, требующую расщепления на объектную и пространственную модели местности.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

#### 3.1. Понятие процесса цифрования и виды устройства для его реализации

В основе цифровой картографии лежит процесс цифрования картографической информации.

**Цифрование** – это перевод пространственной информации в цифровую форму. Точки, линии и площади представляются в виде последовательности пар координат.

Вначале рассмотрим основные технические средства, которые используются в цифровой картографии только для введения картографической информации. (Средства дистанционного зондирования Земли, глобального позиционирования, данные которых используются в цифровой картографии, будут рассмотрены в разделе б).

Основная группа устройств цифровой картографии – это **цифрователи** (в англоязычной литературе - дигитайзеры).

**Цифрователь** – электронно-механический прибор, который позволяет делать аналого-цифровое преобразование информации, т.е. перевод графического (картографического, фотографического) изображения в дискретную цифровую модель с ее пространственными параметрами.

Выделяют два основных вида цифрователей:

- полуавтоматические с ручным обводом и автоматической регистрацией координат на носитель информации;
- автоматические, последовательно фиксирующие элементы рисунка при перемещении луча сканера, или приборы автоматического исследования линий.

Существует множество конструкций и вариантов цифрователей, разных по таким параметрам как точность, условия эксплуатации, стоимость и т.д.

#### 3.2. Конструкции и варианты цифрователей

**Относительно простые и дешевые устройства** – это рычажные цифрователи, которые напоминают полярный планиметр. Этот прибор превращает графическую информацию, представленную в виде карт, диаграмм, графиков и т.д., в цифровую форму, пригодную для прямого введения в ЭВМ, а также для записи на машинные носители. Кроме регистрации точек объектов с помощью клавиатуры алфавитно-цифрового пульта можно указать "видовой код" объекта, который определяет его характеристики: политико-административный ранг, заселенность, третью координату для высотных точек и т.д. Точность зарегистрированных координат зависит от точности наведения маркера и от точности работы самого прибора.

Схема рычажного цифрователя Geotrace - 326 приведена на рис. 3.1. Он состоит в своей основе из двух подвижных рычагов равной длины (1 и 2), двух оптических угловых дешифраторов (3 и 4), оптической считывающей головки (5), кнопки регистрации (6) и блока (7) управления, который содержит электронные схемы.

Цифрование осуществляется наведением марки (типа курсора) оптической головки на точку с фиксацией ее координат в момент нажатия кнопки регистрации (6) в ручном режиме или при отслеживании линии с беспрерывным считыванием коор-

динат в автоматическом режиме. Интервалы между соседними точками изменяются в зависимости от скорости обхода линии.

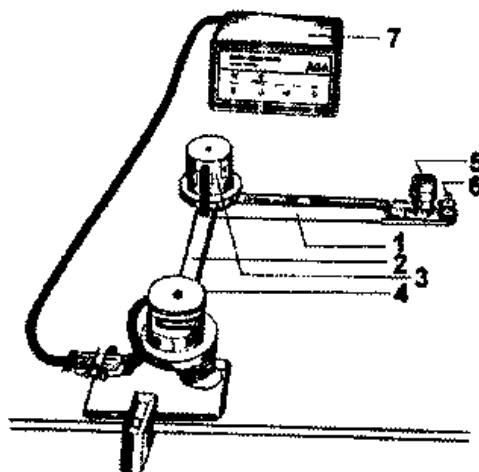


Рисунок 3.1 – Схема рычажного цифрователя Geotracer-326.

**Следующая группа цифрователей** – это автоматические, которые фиксируют элементы рисунка последовательно при перемещении луча **сканера**, или прибора автоматического отслеживания линий. Суть сканирования заключается в последовательной развертке площади изображения в один строку путем преобразования непрерывных сигналов в дискретные с заданной величиной шага. Например, в барабанных сканерах технически это реализуется с помощью цилиндра, на котором закрепляется графическое изображение. Считывается строка с помощью фотоголовки, которая перемещается поступательно вдоль цилиндра.

Сложной задачей является дешифровка изображения **сканера**. При этом для автоматизации распознавания и векторизации растрового изображения целесообразно использовать аппарат **картографической экспертной системы** (для налаживания и обучения программному обеспечению на заданные параметры распознаваемых элементов и объектов местности и карты).

**Преимущество отдается цифрователям**, которые могут считывать обычное цветное картографическое изображение с разложением цвета на составляющие.

Широко используются **полуавтоматические цифрователи** с ручным обходом рисунка и автоматической регистрацией координат, и других кодов на машинных носителях информации.

**Настольные сканирующие устройства.** Среди настольных сканеров различают следующие разновидности: flatbed, sheet-fed и overhed.

Flatbed (плашпетн) - сканеры чем-то напоминают копировальные машины - "ксероксы". Для сканирования изображения необходимо положить лист (книгу, журнал) на стеклянную пластину изображением вниз. Все дальнейшее управление процессом сканирования осуществляется компьютером при работе с одной из специальных программ.

Работа sheet-fed (страничные) сканеров напоминает работу обычной факс-машины. Отдельные листы документов протягивают через такое устройство, при этом и осуществляется их сканирование. В этом случае копирование страниц книг и журналов невозможно. Для удобства работы sheet-fed сканеры по обыкновению комплектуются устройствами для автоматического представления страниц.



Настольные сканеры *overhead* – это проекционные сканеры. Документ, который сканируется, кладется на поверхность сканирования изображением вверх, блок сканирования находится сверху. Они позволяют сканировать изображение разных размеров.

**Портативные сканеры.** В этих сканерах используются полупроводниковые элементы (приборы с зарядовой связью или матрицы-микросхемы, составленные из светочувствительных фотодиодов на основе кремния): одна линейка в черно-белых моделях и три – в цветных. Ширина зоны сканирования составляет обычно половину формата А4, т.е. десять с половиной сантиметров. Благодаря этому достигается довольно высокое оптическое разрешение - 400 dpi.

Перемещение вдоль оригинала возложено на пользователя. Ручной сканер обеспечивает лишь синхронизацию этого движения со строками в получаемом изображении.

Введение документов с помощью ручного сканера требует навыков, поскольку при движении нужно еще нажимать кнопку сканирования.

Первое преимущество ручных сканеров заключается в том, что они позволяют считывать информацию с любой плоской поверхности, картинки, толстых книг, которые на планшетный сканер не установишь. Второе преимущество – мобильность. Качество изображения ручного сканера не очень высокое и подходит для нужд архивации.

**Цветное сканирование** – это сканирование в сером режиме с разными фильтрами (красным, синим, зеленым). 256 оттенков по каждому компоненту дают в сумме 16,7 млн. возможных комбинаций, т.е. цветов (24-битовое изображение). При сканировании в компьютер поступают очень большие объемы цифровой информации. (Фотография размером 10x15 сантиметров, снятая с разрешением 600 dpi серйж и глубиной цвета 24 бит, "выливается" в 23,3 мегабайта) Интерфейс USB 2.0 имеет значительно большую пропускную способность в сравнении с портом LPT.

**Технологические новинки.** Разработчики предложили новую технологию сканирования – Contact Imag Sensor (CIS).

Контактный сенсор зображення (CIS) является новым типом приемного элементу. Линейка датчиков, имеющая большую ширину рабочей области сканування, непосредственно принимает световой поток, отраженный от оригинала. Устройство обходится без сложной оптической системы

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение цифрователя.
2. Охарактеризуйте основные виды цифрователей.
3. Поясните работу рычажного дигитайзера (цифрователя)
4. Изложите суть сканирования изображений.
5. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные виды настольных сканеров.
6. Изложите суть цветного сканирования.
7. Охарактеризуйте преимущества CIS-сканеров.

## 4. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ И АТТРИБУТОВ

### 4.1. Методы представления географического пространства (растровый и векторный)

Как уже отмечалось, существуют два **основных метода** представления географического пространства.

**Первый метод** использует квантование, или разбиение пространства на множество элементов, каждый из которых представляет малую, но вполне определенную часть земной поверхности. Это **растровый метод**, который может использовать элементы любой подходящей геометрической формы при условии, что они могут быть соединены для образования сплошной поверхности, представляющей все пространство изучаемой области. Возможны многие формы элементов растра, например, треугольная или шестиугольная, но обычно используют прямоугольники или квадраты, которые называются ячейками.

**Второй метод** представления географического пространства, называемый **векторным**. Он позволяет задавать точные пространственные координаты явным образом, без деления на дискретные ячейки. Это достигается приписыванием точкам пары координат ( $X$  и  $Y$ ) координатного пространства, линиям – связной последовательности пар координат их вершин, областям – замкнутой последовательности соединенных линий, начальная и конечная точки которой совпадают.

В **векторных** структурах данных линия состоит из двух или более пар координат (рис.3.1), для одного отрезка достаточно двух пар координат, дающих положение и ориентацию в пространстве. Более сложные линии состоят из некоторого числа отрезков, каждый из которых начинается и заканчивается парой координат. Таким образом, хотя векторные структуры данных лучше представляют положения объектов в пространстве, они не абсолютно точны.

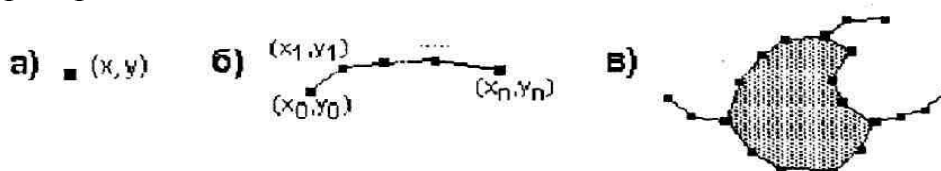


Рисунок 4.1 – Способы задания графических объектов разных типов.

Они являются приближенным изображением географического пространства. Хотя некоторые линии существуют самостоятельно и имеют определенную атрибутивную информацию, другие, более сложные наборы линий, называемые сетями, содержат также дополнительную информацию о пространственных отношениях этих линий. Например, дорожная сеть содержит не только информацию о типе дороги и ей подобную, она показывает также возможное направление движения.

**Площадные объекты** могут быть представлены в векторной структуре данных аналогично линейным. Соединяя отрезки линии в замкнутую петлю, в которой первая пара координат первого отрезка является одновременно и последней парой координат последнего отрезка, мы создаем область, или полигон. Как с точками и линиями, так и с полигонами связывается файл, содержащий атрибуты этих объектов.

## 4.2. Модели и форматы географических данных

В то время, как растровые и векторные структуры данных дают средства отображения отдельных пространственных феноменов на отдельных картах, все же существует необходимость разработки более сложных подходов, называемых моделями данных.

В основе растровых и векторных **моделей данных** лежат математические модели.

**Растровые** данные получаются как фотография, в виде отдельных точек, которыми манипулируют компьютерные программы.

**Растровая, или точечная, форма задается массивом чисел, которые описывают параметры каждой точки.**

**Растр** применяется там, где пользователей не интересуют отдельные пространственные объекты, а интересуется точка пространства с ее характеристиками (высотная отметка, глубина, влажность, тип почв, концентрация загрязнителя и т.д.). Иными словами, **растр** может использоваться в качестве «подложки» или атрибута для представления информации о непрерывных полях (рельефе, температуре, давлении, как на метеорологических картах в интернете, и т.п.) По сути – это цветная картинка с переменной гаммой цветов и меняющимися размерами. Такая картинка, например, может передавать живописные эффекты: туман, дымку, облачность, запыленность с фотографической точностью.

В общем случае растровые данные занимают много места, плохо сжимаются. Поэтому для сжатия растровой информации используется метод "кодирования цвета". Поскольку при хранении последовательности пикселей одного цвета достаточно знать только его номер и количество пикселей, то таким образом можно закодировать все изображение (pixel – Picture Element – отдельная точка, из последовательности которых строится изображение на экране монитора). При больших одноцветных площадях размер файла при таком сжатии может быть уменьшен в несколько раз.

**Векторные** данные используются для представления информации, которая имеет объектную природу и нуждается в анализе и манипулировании. Они хранятся в виде точек и линий, связанных геометрически и математически (план территории, схема).

**Векторный** способ использует математическую формулу, по которой каждый раз рассчитывают все точки контура. При этом каждый контур рассматривается как независимый объект, который можно перемещать, масштабировать и вообще менять до бесконечности.

**Векторная** форма является экономной, поскольку сохраняет не само изображение, а некоторые основные данные, по которым соответствующая программа каждый раз его восстанавливает. Объекты векторной формы легко трансформируются, ими несложно манипулировать практически без влияния на качество изображения. Они максимально используют возможности разрешающей способности дорогостоящих устройств вывода информации.

**Недостатки векторной формы** проявляются в том, что нельзя работать с фотореалистическими изображениями.

Таким образом, **растровая** форма лучше для создания фотореалистических изображений с тонкими переходами цветов, а **векторная** – для отображения объектов с четкими границами и ясными деталями.

### **Стандартные форматы (растровые и векторные)**

**Форматом файла называется шаблон, по которому он создается.** Шаблон описывает, какие именно данные (строки, одиночные символы, целые, дробные числа, символы-разделители) и в каком порядке должны быть занесены в файл.

Различаются внутренние форматы системы и обменные форматы, используемые для обмена информацией между пользователями, работающими в разных системах.

Стандартные форматы существуют как для растровой (PCX, TIFF, GIF, RLE, RLC), так и для векторной (DXF, DX90, PIC, DWG, GEN, MIF/MID) форм представления информации. (Преобразование форматов можно осуществить в «рисовальной» программе – «paint»).

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте методы представления географического пространства (растровый и векторный).

2. Изложите особенности растрового метода представления географического пространства.

3. Изложите особенности векторного метода представления географического пространства

4. Охарактеризуйте области применения растровых и векторных моделей данных

5. Перечислите и кратко охарактеризуйте стандартные форматы (растровые и векторные).

## 5. ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ

### 5.1. Перечень источников для построения цифровых карт

Картография использует разнообразные документы, по которым ведется составление карт. К ним относят:

- астрономо-геодезические данные;
- общегеографические и тематические карты;
- кадастровые данные, планы и карты;
- данные дистанционного зондирования;
- данные непосредственных натуральных наблюдений, измерений и лабораторных анализов;
- данные гидрометеорологических наблюдений;
- материалы экологического и других видов мониторинга;
- экономико-статистические данные, цифровые модели;
- литературные (текстовые) источники;
- теоретические и эмпирические закономерности.

В зависимости от тематики и назначения создаваемой электронной карты одни источники выступают как **основные**, а другие являются **дополнительными и вспомогательными**. Например, для экологических карт основными источниками могут служить материалы полевых исследований загрязненности почв, состояния растительности, аэро- и космические снимки территорий, а дополнительными – данные статистической отчетности.

Различают **современные источники**, отражающие нынешнее состояние картографируемого объекта, и **старые**, показывающие его прошлые состояния или ранние стадии изученности, которые необходимы при реконструкциях или о показе динамики явлений.

Кроме того, источники подразделяют на **первичные**, полученные в ходе прямых измерений и наблюдений, и **вторичные**, являющиеся результатом обработки и преобразования первичных материалов.

### 5.2. Краткий анализ материалов, используемых при составлении карт

**1. Астрономо-геодезические данные.** К этому виду источников относят результаты астрономических наблюдений, гравиметрических измерений, данные триангуляции, полигонометрии, нивелирования на местности. Они необходимы для создания координатной основы карт. Указанные пункты закрепляют на местности. Над ними возводят опознавательные знаки – пирамиды или сигналы, укрепляют металлические или бетонные столбы. Для создания геодезических сетей используют системы **спутникового позиционирования** (см. раздел 8).

Астрономо-геодезические данные необходимы для **привязки всех топографических и тематических съемок**, а пункты геодезической сети – один из главных элементов математической основы карт.

**2. Картографические источники.** Общегеографические карты используют в качестве источников при составлении любых тематических карт. Общегеографические карты – это надежные и достоверные источники. Они создаются по государ-

ственным инструкциям, в стандартной системе условных знаков с высокой точностью.

Вся территория Украины покрыта топографическими картами масштабов 1:25000 и мельче. На отдельные территории есть карты более крупных масштабов.

**Общегеографические карты** играют роль каркаса для нанесения и последующей увязки тематического содержания составляемой карты, а также для взаимного согласования карт разной тематики.

Для составления **тематических карт** используют:

- результаты полевых тематических съемок (крупномасштабные планы, схемы, абрисы, маршрутные и стационарные съемки и т.д.);
- собственно тематические карты разного масштаба и назначения;
- специальные материалы (схемы землепользований, зоны загрязнений поверхности, схемы источников выбросов, ареалы гнездования птиц, местообитания животных и др.);

Для получения синтетических карт районирования и оценки состояния территории, в том числе экологического, в качестве источников используют серии карт разной тематики.

**3. Кадастровые карты и планы.** Они с документальной точностью отражают размещение, качественные и количественные характеристики явлений и природных ресурсов, дают их экономическую или социально-экономическую оценку, содержат рекомендации по **рациональному использованию и охране природных ресурсов**. Таковы карты кадастра земельного, городского, полезных ископаемых, лесного, водного, промыслового и др.

**4. Данные дистанционного зондирования.** Получают в результате неконтактной съемки с летательных воздушных и космических аппаратов, судов и подводных лодок, наземных станций (см. раздел 8).

Главные качества **дистанционных изображений** – это их высокая детальность, одновременный охват обширных пространств, возможность изучения труднодоступных территорий. Их используют для составления и оперативного обновления топографических и тематических карт малоизученных и труднодоступных районов (например, высокогорий).

**Фотографические снимки** – это результат покадровой регистрации собственного или отраженного излучения земных объектов на светочувствительную пленку. Аэрофотоснимки получают с самолетов, вертолетов, воздушных шаров. Космические снимки – со спутников и космических кораблей. Подводные снимки получают с подводных судов и барокамер (батисфер, батискафов). Наземные снимки – с помощью фототеодолитов.

Кроме одиночных плановых снимков в качестве источников используют стереопары, монтажи, фотосхемы и фотопланы, панорамные снимки и фотопанорамы, фронтальные (вертикальные) фотоснимки и др.

**Телевизионные снимки.** Телевизионные снимки и телепанорамы получают как и фотоснимки, но путем регистрации изображения на экранах телекамер (видиконов). Телевизионная съемка удобна для оперативного картографирования и слежения (мониторинга) за земными объектами и процессами. Однако по своему разрешению и величине геометрических искажений телевизионные изображения уступают фотоснимкам.

**Сканерные** снимки, полосы, «сцены», получаемые путем поэлементной и построчной регистрации излучения объектов земной поверхности. Сканирование означает управляемое перемещение луча или пучка (светового, лазерного и др.) с целью последовательного обзора (осмотра) какого-либо участка.

В ходе **съёмки** сканирующее устройство (качающееся зеркало или призма) последовательно считывает изображение. В результате получаются снимки с полосчатой или строчной структурой, причем строки состоят из небольших элементов – пикселей. Каждый из них отражает усредненную яркость небольшого участка местности, так что детали внутри пикселя неразличимы.

**Радиолокационные снимки** получают с самолетов и спутников, а гидролокационные снимки – при подводной съёмке дна озер, морей и океанов. Радиолокаторы бокового обзора, установленные на разных подвижных носителях, ведут съёмку по бортам перпендикулярно к направлению движения носителя. Благодаря боковому обзору на снимках проявляется рельеф местности, читаются детали его расчленения, характер шероховатости.

**Многозональная съёмка.** Суть ее в том, что одна и та же территория (или акватория) одновременно фотографируется или сканируется в нескольких сравнительно узких зонах спектра. Комбинируя **зональные снимки**, можно получать **композитные изображения**, на которых наилучшим образом проявлены те или иные объекты. Так, подбирая разные сочетания, можно добиться наилучшего изображения водных объектов, разных пород леса и его состояния, **экологических особенности территорий** и т.п.

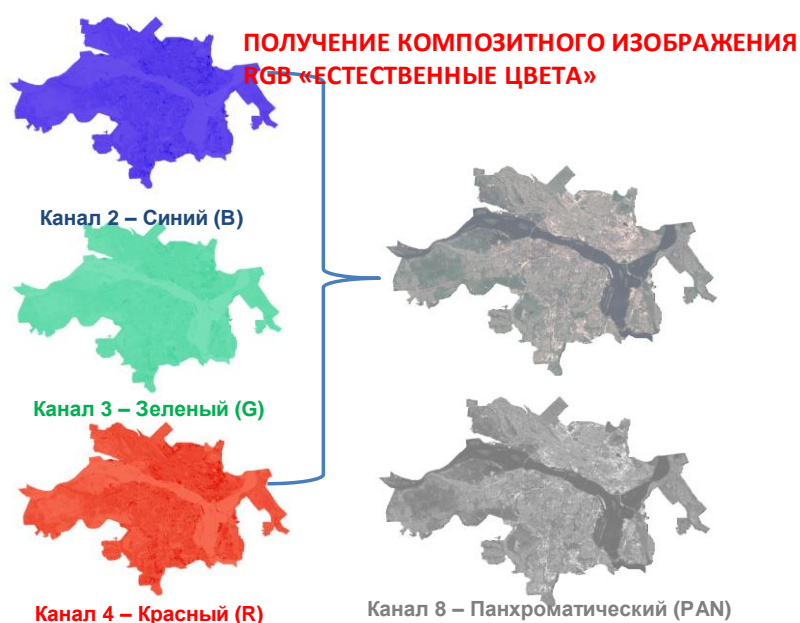


Рисунок 5.1 – Пример построения композитного изображения

## 5. Натурные наблюдения, измерения и лабораторные анализы.

Служат для выявления теоретических закономерностей, интерпретации косвенных наблюдений, дешифрирования аэро- и космических снимков. **Данных натурных наблюдений** – это результаты измерений, которые заносят в журналы и таблицы; описания, фиксируемые в дневниках и отчетах; фотографии, схемы, профили, разрезы; значения наблюдаемых физических параметров, в частности параметров окружающей среды.

Данные непосредственных наблюдений подразделяют:

- на точечные, выполненные в отдельных пунктах, в воздухе, в почве, на скважинах, в обнажениях и т.п.;
- маршрутные – вдоль по избранному направлению (по профилю, например почвы, по дороге, реке и др.)
- площадь-стационарные наблюдения, например на полигонах, биостанциях, в пунктах экологического мониторинга и т.п.

Стационары для наблюдений располагают в характерных местах и существуют десятки лет, поскольку длинные ряды наблюдений необходимы для картографирования динамики явлений и процессов. Кроме того, проводят ключевые исследования, которые детально выполняют на небольших участках (полигонах). Они необходимы в тех случаях, когда картографируемая территория обширна и нет возможности охватить ее целиком. При этом выявленные на полигонах закономерности распространяют на соседние территории.

С развитием **дистанционного зондирования** (см. разделе 8), ключевые исследования стали применять для интерпретации аэрокосмических материалов, проводя **подспутниковые наблюдения** по возможности синхронно с космической съемкой для точной привязки и интерпретации космической информации.

**6. Гидрометеорологические наблюдения.** Для многих видов картографирования, в том числе при составлении экологических карт, используют результаты наблюдений, проводимых на метеорологических, гидрологических и океанологических станциях и постах. К ним относят результаты:

- регулярных измерений атмосферных процессов;
- определения отдельных метеорологических элементов (температуры, давления, осадков, солнечного сияния, ветра, облачности и т.п.);
- измерения гидрологического режима рек, озер, водохранилищ;
- определения физико-химических характеристик вод поверхностных водоемов и др.

При этом рассчитывают средние дневные, месячные, сезонные и годовые значения метеозлементов и другие производные показатели. Наблюдения ведутся в пунктах гидрометеорологической сети, распределенных по земному шару, с судов и с буев. По выборочным станциям выпускаются ежемесячные сборники со сведениями о температуре, влажности и скорости ветра в свободной атмосфере.

Координацию работ по сбору, обработке и накоплению гидрометеорологических и океанологических данных выполняют Всемирная служба погоды и Объединенная глобальная система океанических станций (ОГСОС).

**7. Экономико-статистические данные, цифровые модели.** При создании карт и атласов социально-экономической тематики основными источниками служат массовые данные или сведения о состоянии и динамике использования производственных ресурсов, развитии промышленности и сельского хозяйства, транспорта, энергетики, финансов, населения, образования, культуры, заболеваемости, загрязненности территорий и т.п. К ним относят материалы государственной статистики и данные, публикуемые международными организациями (ООН).

Государственную статистику ведут центральные и местные (региональные, районные, муниципальные) органы по единой методике с утвержденными программами и сроками.



Для составления демографических карт служат материалы переписей населения. Переписи проводят по всей территории по единой программе и методике.

Экономико-статистические данные используют как для нанесения на карты, так и для расчета производных показателей, сводных характеристик и синтезированных оценок, включая цифровые модели в виде диаграмм, графиков и т.п.

**8. Текстовые источники.** К текстовым, или литературно-географическим, источникам относятся разного рода географические (геологические, исторические и др.) описания, полученные в ходе непосредственных наблюдений или в процессе теоретических исследований. Они обычно не формализованы и не имеют точной координатной привязки, но зато обладают образностью и обзорностью, которые необходимы для формирования представления о картографируемом объекте.

Отчеты экспедиций, монографические труды, статьи содержат фактический материал и теоретические положения, необходимые для истолкования многих других источников, привлекаемых при картографировании. Кроме того, они полезны для оценки качества, географической достоверности и современности источников, используемых для картографирования

Литературные сведения используют для картографической экстраполяции.

**9 Теоретические и эмпирические закономерности развития и размещения явлений и процессов.** Они позволяют контролировать имеющуюся информацию и распространять картографирование на малоизученные территории. Например, с помощью математических зависимостей, описывающих закономерности изменения содержания примесей в городской атмосфере, строят изолинии (или поля) концентраций загрязнителей в районах удаленных от характерных источников загрязнения воздуха (автодорог, промышленных предприятий) где не проводятся фактические наблюдения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите основные источники для построения цифровых карт
2. Охарактеризуйте астрономо-геодезические данные, используемые в цифровой картографии.
3. Охарактеризуйте общегеографические карты как источники при составлении любых тематических карт.
4. Охарактеризуйте кадастровые карты и планы.
5. Охарактеризуйте дистанционное зондирование как один из основных источников построения цифровых карт.
6. Поясните, как натурные наблюдения, измерения и лабораторные анализы используют в картографировании.
7. Поясните, как гидрометеорологические наблюдения используют для картографирования
8. Охарактеризуйте экономико-статистические данные, цифровые модели, используемые при создании карт и атласов.
9. Охарактеризуйте текстовые или литературно-географические источники построения карт.
10. Поясните, как теоретические и эмпирические закономерности развития явлений и процессов используют при составлении карт

## 6. ВВОД ДАННЫХ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОСТРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

### 6.1 Основные компоненты систем картографирования

Как отмечалось ранее, цифровые карты классифицируются по видам автоматизированных систем, которые их используют. Это автоматизированные системы управления (АСУ); автоматизированные системы навигации (АСН) и автоматизированные системы народнохозяйственного назначения, включая различные геоинформационные системы (ГИС)

Перечисленные системы состоят из нескольких типовых систем, (или подсистем), которые можно представить схематически (рис.6.1)

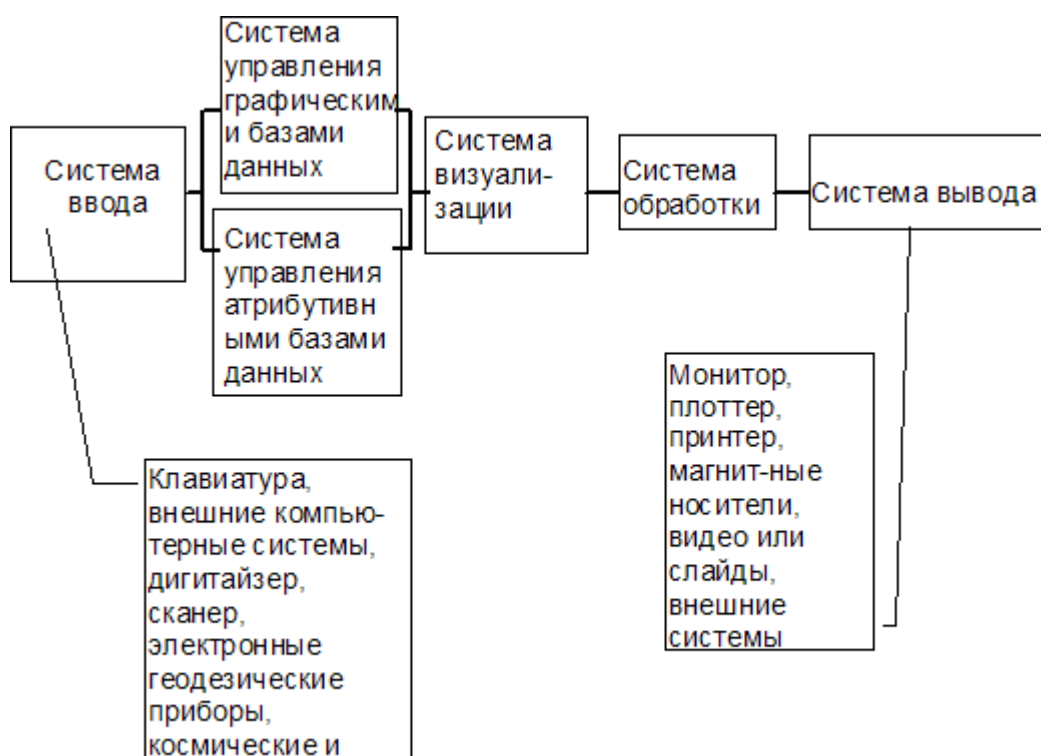


Рисунок 6.1 – Схема основных компонентов систем, использующих картографическую информацию

Рассмотрим систему (или подсистему ввода).

**Во-первых**, подсистема ввода проектируется для переноса графических и атрибутивных данных в компьютер.

**Во-вторых**, она должна отвечать хотя бы одному из двух основных методов представления графических объектов – растровому или векторному.

**В-третьих**, она должна иметь связь с системой хранения и редактирования, чтобы гарантировать сохранение вводимых данных и возможность их выборки, а также позволять устранять ошибки и вносить изменения по мере необходимости.

Некоторые программы ввода работают главным образом на растровых структурах данных, в то время как другие оперируют в векторной информацией.

## 6.2 Методы ввода векторных данных

Как ранее указывалось, существуют многие инструменты для ввода векторных данных. Конкретная процедура оцифровки зависит от структуры данных, которая используется ее программой. Правила различны для разных программ, и нужно заблаговременно просмотреть соответствующую документацию для выяснения стратегий подготовки к оцифрованию.

**Атрибутивные данные** вводятся чаще всего с использованием клавиатуры компьютера. Хотя этот способ ввода данных предельно прост, он требует такого же внимания, как и ввод графических объектов.

Причины две. **Первая**: опечатки совершаются очень легко. **Вторая**: атрибуты должны быть связаны с графическими объектами. Ошибки в таком согласовании – трудных для обнаружения, поскольку они не проявляются до начала выполнения какого-нибудь анализа.

Хорошей практикой является проверка атрибутов в процессе ввода во время частых коротких перерывов для их просмотра. Время, потраченное на это, окупится при редактировании.

## 6.2 Методы ввода растровых данных.

Ввод растровых данных следует иной стратегии, чем ввод векторных данных. Растровый ввод может выполняться с использованием накладной сетки, когда атрибуты вводятся последовательно, друг за другом. Однако широкая доступность **сканеров** вытесняет этот метод ввода. Однако, следует учитывать, что введенные со сканера тематические данные не становятся автоматически тематическими данными в растровой ГИС.

Кроме того, тематические карты обычно печатаются офсетным способом, который предполагает образование всего богатства полутонов и цветовых оттенков смешением мельчайших точек красок небольшого числа цветов., образующие "винегрет". Естественно, такие карты не пригодны для анализа.

Результат сканерного ввода в сильной степени зависит от соотношения разрешений сканера и полиграфического растра, поскольку при сканировании, незаметные на глаз точки, превращаются во вполне самостоятельные пиксели, внося цветовые искажения на месте внешне однородной по цвету области. Поэтому продолжают использовать упомянутый выше способ ввода растровых данных посредством векторной оцифровки контуров объектов с последующим преобразованием в растр.

## 6.3. Основные процессы построения цифровых моделей рельефа

Основными процессами построения **цифровой модели рельефа (ЦМР)** по картам являются:

- 1) Преобразование исходных карт в растровые изображения, т.е. сканирование. При сканировании важным является выбор разрешения получаемого изображения, излишне высокое разрешение требует больших объемов памяти для хранения исходной информации, в тоже время разрешение должно обеспечить необходимую точность сбора информации, которая определяется целями формирования ЦМР.

2) Монтаж растровых фрагментов. Монтаж или «сшивка» – это стыковка нескольких изображений произвольной формы в одно так, чтобы границы между исходными изображениями были незаметны. При монтаже осуществляется геопривязка растровых данных. В частности, ГИС имеются различные модули для решения этой задачи.

3) Векторизация растрового изображения. Векторизация или дигитализация горизонталей может выполняться в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. Для различных ГИС разработаны отдельные модули, реализующие эту задачу в автоматических режимах, например, Map Edit.

4) Формирование ЦМР. Осуществляется на основе методов интерполяции и представляется в разных форматах.

5) Визуализация результатов. ЦМР обеспечивает визуализацию информации о поверхностях в разных формах

Пример построения цифровой модели рельефа, которая используется в геоинформационной системе, представлен на рис.6.2.



Рисунок 6.2– Цифровая модель балочно-овражной сети, где глубина оврагов выделена в отдельный слой, а сами овраги оконтурены

#### 6.4. Использование ЦМР

Цифровые модели рельефа важны для решения целого ряда прикладных экологических задач:

- прогнозирование чрезвычайных ситуаций, например наводнений, оценки степени изменения ландшафтов, в частности овражно-балочной сети и т.д.:

- построение средствами ГИС карты углов наклона (уклонов) местности и экспозиций склонов;

- 
- формирование продольных и поперечных профилей местности по заданному направлению;
  - оценка зон видимости с намеченных точек обзора и др.
- Для отображения ЦМР используют разные формы.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите схему основных компонентов системы, использующей картографическую информацию, и охарактеризуйте подсистему ввода данных.
2. Изложите методы и особенности ввода векторных данных.
3. Изложите методы и особенности ввода растровых данных.
4. Перечислите и кратко поясните основные процессы технологии построения цифровых моделей рельефа.
5. Изложите требования к точности выполнения процессов цифрового моделирования рельефа и для чего используют такие модели

## **7. ФОРМИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ НИМИ**

### **7.1. Понятие базы данных**

Впервые понятие «база данных» появилось в начале 60-х годов. Данные в то время обычно представлялись в виде простых последовательных файлов на магнитной ленте и зависели от программ обработки. Если менялись организация данных или тип запоминающего устройства, или приложения, то программисту приходилось заново переписывать программу обработки данных.

С появлением БД эти проблема и ряд других были в основном сняты.

**БД – это совокупность взаимосвязанных хранящихся вместе данных при такой минимальной избыточности, которая допускает их использование для одного или нескольких приложений.**

Данные запоминаются так, чтобы они были независимы от программ, использующих эти данные; для добавления новых или модификации существующих данных, а также для поиска данных в БД применяется общий управляющий способ.

Данные структурируются так, чтобы была обеспечена возможность дальнейшего наращивания приложений.

### **7.2. Системы управления базами данных (СУБД)**

**СУБД предназначены для манипулирования текстовыми, графическими и числовыми данными с помощью ресурсов ЭВМ. Они выполняют функции формирования наборов данных (файлов), поиска, сортировки и корректировки данных.**

Основные принципы построения СУБД основаны на том, что для работы с текстовыми, числовыми и графическими данными достаточно реализовать ограниченное число часто используемых функций и определить последовательность их выполнения.

Различают три типа моделей данных, используемых в СУБД: **иерархические, сетевые и реляционные (или табличные)**. Появляются также СУБД, использующие гибридные модели данных, например «Susplanet» – для получения графических баз данных (фотоснимков из космоса).

**Иерархические модели** состоят из записей, образующих древовидную структуру – каждая из них связана с одной записью, находящейся на более высоком уровне иерархии. Доступ к любой из записей осуществляется путем прохода по строго определенной цепочке узлов дерева с последующим просмотром соответствующих этим узлам записей.

Эта система эффективна для достаточно простых задач, но она не может обеспечить быстрое действие, необходимое для работы в условиях одновременного модифицирования файлов несколькими прикладными системами.

**В сетевой модели** каждый из узлов может иметь несколько узлов – родителей. Записи, входящие в состав сетевой структуры, содержат в себе указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такая модель позволи-

ла ускорить доступ к данным, но изменение структуры базы по-прежнему требовало значительных усилий и времени.

### 7.3. Реляционные СУБД – таблицы данных

**СУБД реляционного типа освобождают пользователя от всех ограничений, связанных с организацией хранения данных и спецификой аппаратуры.** Изменение физической структуры базы данных не влияет на работоспособность прикладных программ, работающих с ней. Современные реляционные СУБД автоматически выполняют такие системные функции, как восстановление после сбоя и одновременный доступ нескольких пользователей к разделяемым данным. Такой подход избавляет пользователя от необходимости знать форматы хранения данных, методы доступа и методы управления памятью.

Преимущества **реляционных** моделей данных заключаются в следующем:

- в распоряжение пользователя предоставляется простая структура данных - они рассматриваются **как таблицы**;
- пользователь может не знать, каким образом его данные структурированы в базе – это обеспечивает независимость данных;
- возможно использование простых непроцедурных языков запросов.

В то же время у реляционной модели данных не существует способов организации быстрого доступа пользователя к данным. Эта проблема решается путем применения в СУБД вспомогательных описаний путей доступа, т.е. **организации индексации** (как в Exel). При этом иногда приходится просматривать всю базу данных для поиска нужных, что возможно при наличии мощных ЭВМ.

**Реляционные БД позволяют:**

- заносить в базу новые данные;
- создавать и уничтожать таблицы, добавлять строки и столбцы к ранее созданным таблицам,
- создавать и уничтожать индексы,
- определять и отменять представления хранимых данных,
- изменять привилегии различных пользователей.

Табличная организация позволяет неопытному пользователю быстрее освоиться с системой. Каждая строка в таблице соответствует записи в файле, которую столбцы таблицы разбивают на поля.

В реляционных СУБД файл БД состоит из **записей, а запись – из совокупности полей.**

**Записью** называется компьютерный аналог информации, содержащейся, например, на библиотечной карточке или бланке.

В частности, запись, имитирующая бланк учета книг, может содержать шифр книги, имя ее автора, название, год издания и т.п. Совокупность записей является простой базой данных.

**Поле** называется Графа такой карточки или бланка, в которую записывается единица информации. Поле имеет **имя и содержание.**

Например, в строке: "Название книги - Геоинформационные технологии в науках о Земле", "Название книги" - будет именем поля, а "Геоинформационные технологии в науках о Земле" - его содержанием.

В компьютере такие записи запоминаются в виде таблиц, где запись представляет из себя строку, а поле - столбец. Каждая запись в таблице пронумерована и на бумаге представляла бы из себя отдельную карточку.

К числу СУБД реляционного типа относятся хорошо известные системы: dBASE, Clipper, Foxbase, RBASE, Paradox и т.д.

На рабочих станциях используют СУБД типа ORACLE, Informix, SyBase, Ingress, DB2 и др., которые позволяют управлять гораздо большей информацией, имеют развитые средства защиты информации от разрушения при сбоях и несанкционированного доступа, хорошо приспособлены для работы в сети и т.д. Многие из названных СУБД работают и на ПК, и это упрощает возможность создания многоплатформенных систем

#### 7.4. Компоненты СУБД. Командный язык

В состав большинства СУБД входит три основных компонента:

- командный язык,
- интерпретирующая система или компилятор для обработки команд
- интерфейс пользователя.

Командный язык служит для выполнения требуемых операций над данными. Он позволяет манипулировать данными, создавать прикладные программы, оформлять на экране и печатать формы ввода и вывода информации, обладает вычислительными функциями (как Ekel) и т.п. Кроме того, он обеспечивает высокую производительность труда программиста. Для работы с таблицами ему предоставляются простые операторы типа "создать", "добавить", "модифицировать", "уничтожить", "вставить".

В СУБД операции можно выполнять по одной, последовательно вводя их с клавиатуры или группами (макросами) в автоматическом режиме. Операции языка СУБД обычно имеют форму, близкую к естественному языку, и записываются в виде текста.

**Примечание.** Существующие оболочки цифрового картографирования (например, Mapinfo) или ГИС (Arcgis) объединяют базы данных со средствами анализа.

#### 7.5. Компиляторы и интерпретаторы

Для превращения текстовой команды в код, понятный машине, используются преобразующие программы двух типов – **интерпретаторы и компиляторы**.

В **первом случае** используется интерпретирующая система, которая по очереди преобразует команды в исполнимый код перед их непосредственным выполнением. (как в Basic)

Во **втором случае** сначала вся программа преобразуется (компилируется) в серию машинных команд и только после этого выполняется. (как в Pascal)

**Интерпретатор** занимает мало места в памяти, что актуально при небольших объемах оперативной памяти, однако работает относительно медленно.

СУБД с интерпретаторами предназначены для пользователей, обладающих начальными знаниями программирования. Системы с интерпретаторами взаимодей-



ствуют с пользователем в режиме, управляемом с помощью меню, и в режиме ввода команд с клавиатуры.

**Компилятор** работает гораздо быстрее, но программа занимает много места в машинной памяти. СУБД с компиляторами в основном ориентированы на программистов, создающих сложные прикладные системы, т.к. предполагают более высокий уровень квалификации пользователя.

## 7.6. Основные задачи, реализуемые СУБД в цифровой картографии

**СУБД карты** реализует следующие основные задачи:

- 1) создание и ведение базы данных электронной карты;
- 2) работа с картографическим изображением, которая предполагает:
  - отображение, масштабирование, перемещение картографического изображения в произвольном направлении;
  - управление динамическим окном, уровнями нагрузки визуализируемого изображения;
  - получение справок об объектах местности;
  - редактирование изображения;
  - ведение классификатора и библиотеки условных знаков;
  - формирование, хранение, нанесение на электронных картах пользовательских слоев и их редактирование;
  - ведение классификаторов к библиотеке условных знаков (например, библиотеки специальных условных знаков);
  - вывод картографического изображения и дополнительной информации.
- 3) связь со стандартными базами данных;
- 4) обеспечение интерфейса пользователя для решения прикладных информационных и расчетных задач (расчет матрицы высот рельефа, построение профилей местности, зон видимости, определение координат и высот в точке, расстояний и т.р..

**Технология создания электронной карты и СУБД для пользователя реализуется едиными программными модулями, которые позволяют унифицировать программное и информационное обеспечение в целом.**

Для целей **цифровой картографии и ГИС** пользуются готовыми системами (PARADOX, dBASE), собственными встроенными СУБД, смешанными (внутренними СУБД и СУБД, предназначенными для больших объемов данных (обычно ORACLE, Informix, SyBase, Ingress, DB2).

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение базы данных (БД).
2. Охарактеризуйте типы моделей данных, используемых в СУБД.
3. Проанализируйте особенности реляционных СУБД.
4. Дайте определения записи и поля в СУБД
5. Охарактеризуйте основные компоненты СУБД
6. Изложите свойства и характеристики командного языка СУБД.
7. Охарактеризуйте особенности интерпретатора и компилятора.
8. Перечислите основные задачи, реализуемые СУБД в цифровой картографии

## 8 ТЕХНОЛОГИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

### 8.1. Методы наблюдения за территориями Земли и окружающей средой

Как отмечалось в разделе 5 при построении электронных карт и наполнении их атрибутивной информацией, в частности данными о состоянии окружающей среды широко используют результаты наблюдений за территориями Земли и окружающей средой. Методы таких наблюдений можно разбить на две больших группы:

- контактные методы наблюдений и измерений;
- дистанционные методы зондирования Земли.

**К первой группе** относятся как непосредственные измерения, так и измерения параметров состояния окружающей среды на основе предшествующего отбора проб или непосредственных измерений.

**Ко второй группе** относятся разные неконтактные методы измерений, в которых используют приборы, пространственно отдаленные от объектов, которые исследуются. Обычно приборы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) ставят на **авиационных или космических носителях**, хотя, возможно использовать и другие виды носителей. Как уже отмечалось, при исследовании акваторий возможное применение приборов дистанционного зондирования, установленных на плавучих средствах.

Преимуществами контактных методов наблюдения, в сравнении с дистанционными методами, является более высокая точность измерений. Однако методы ДЗЗ имеют свои неоспоримые преимущества, которые способствуют расширению области их применения, включая картографию и экологию, а именно:

- высокую обзорность, возможность получения одновременной информации о больших территориях;
- возможность перехода от дискретных значений показателей в отдельных пунктах территории к непрерывному пространственному распределению показателей;
- возможность получения информации в труднодоступных районах; высокая степень генерализации информации.

Потенциальные преимущества методов ДЗЗ наиболее ощутимы в сфере глобального мониторинга, где обзорность материалов и генерализация информации играют важную роль, а также в сфере национального мониторинга государств, которые занимают большие территории. Однако, и в сфере регионального мониторинга, при решении конкретных задач, методы ДЗЗ могут успешно дополнять контактные методы измерений, а в некоторых случаях даже превосходить их по информативности.

Поэтому подсистему **аэрокосмического мониторинга (спутниково зондирования)** следует рассматривать как относительно самостоятельный компонент общей системы мониторинга окружающей среды. При решении большинства задач мониторинга окружающей среды наиболее эффективным является комплексное применение методов ДЗЗ и контактных методов наблюдения.

## 8.2. Спутниковое позиционирование объектов окружающей среды

Системы спутникового позиционирования объектов имеют широкое применение в тех областях человеческой деятельности, где необходимо точное определение координат стационарных и движущихся объектов. Поэтому их используют в военной технике и при создании геодезических сетей, а также для позиционирования динамических процессов и явлений, в том числе экологического характера.

Спутники специально запускаются на очень высокие орбиты и постоянно посылают на Землю радиосигналы. Располагаются они так, что часть из них всегда видна (или слышна) в любой точке земного шара в любое время суток. Системы позволяют определять координаты любой точки на местности автономно, без наземных геодезических измерений. При этом производительность координатной привязки точек на местности, в сравнении с наземными методами, повышается в 10-15 раз.

### Системы ГНСС

ГНСС – глобальные навигационные спутниковые системы предназначены для определения положения объектов на поверхности Земли. Широкое распространение получили две системы: NAVSTAR-GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия).

### Особенности системы NAVSTAR-GPS

Система NAVSTAR (Navigation Satellite Time and Ranging – навигационный спутник измерения времени и координат), часто именуемая GPS (Global Positioning System – глобальная система позиционирования), позволяет практически в любом месте Земли (за исключением приполярных областей) определить местоположение и скорость объектов.

GPS состоит из космического сегмента, сегмента управления (наземный командно-измерительный комплекс – КИК) и сегмента потребителей (рис. 8. 1).

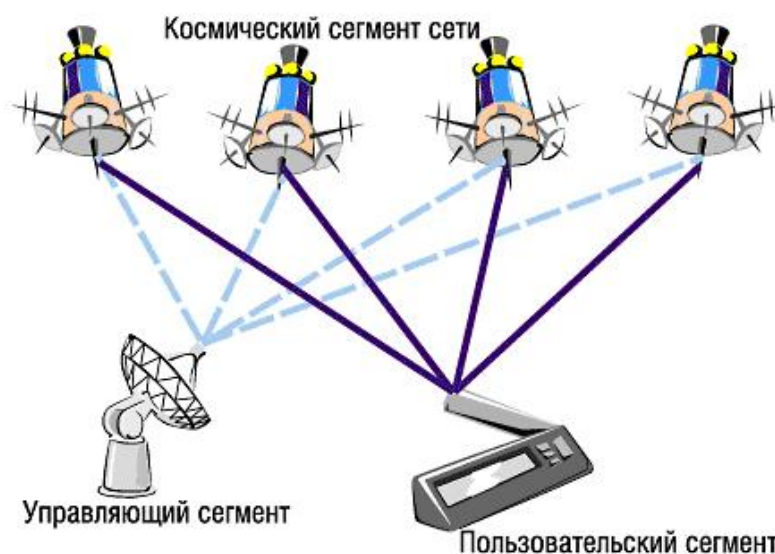


Рис. 8.1. Состав системы GPS

Основу космического сегмента системы составляют 24 GPS-спутника – НКА (Навигационный космический аппарат), движущихся над поверхностью Земли на

высоте 20180 км. Они движутся по 6 орбитальным траекториям (по 4 спутника на каждой равномерно разнесенных по долготе через 60°). Плоскости траекторий разнесены на 55°. GPS-спутники подают специальные сигналы на частоте 1575,42 МГц.

Источники ошибок в GPS: селективный доступ, моносфера, тропосфера, многолучевость, шумы приемника, погрешности координатно-временного обеспечения.

**Приемники GPS.** Передаваемые спутниками навигационные сигналы, принимаются GPS – приемниками, которые на основе метода триангуляции полученных сигналов позволяют определить местоположение объекта. Используемый в гражданском применении C/A-код (coarse-acquisition) позволяет определить координаты объекта с точностью до 100 м. Используемый ВМФ США точный P-код предоставляет возможности по позиционированию с точностью до 20 м.

Приемники GPS играют важную роль в современной системе мониторинга окружающие среды. Именно они, вместе с применением ГИС-технологий и методов ДЗЗ, вывели состояние картографирования объектов окружающей среды и явлений, которые в ней происходят, на кардинально новый уровень.

Поскольку базовыми масштабами электронных карт регионального мониторинга являются масштабы 1:100000 и 1:200000 с точностью, соответственно, 10 и 20 метров. Точность координат GPS тоже составляет 10-20 м, что удобно для картографирования с указанными масштабами.

Относительно дешевыми устройствами GPS оборудованы, например, все областные госуправления экологии и природных ресурсов Украины.

Примеры объектов GPS-обследования в области государственного мониторинга вод: местоположения источников загрязнения, водопользование и водопотребление поверхностных вод, местоположения створов наблюдений как регулярно, так и эпизодического контроля, и т.п..

Действующие в Украине инструкции Минприроды, МЧС и других министерств и ведомств требуют обязательного сопровождения всей отчетной информации координатами, полученными с помощью приемников GPS, в частности по таким объектам:

- места выбросов, сбросов и отходов источников загрязнения окружающей среды;
- местоположения отходов разного типа;
- места стихийных бедствий и техногенных аварий;
- другие объекты экологического мониторинга.

Современные ГИС-пакеты (ArcGIS, Mapinfo, Панорама и др.) имеют специальные программные инструменты для автоматизированного нанесения объектов на карту заданным условным обозначением по координатам, которые поступают из приемников GPS, которые в свою очередь, как правило, имеют возможность передачи координат в компьютер без дублирования их вручную.

### **Особенности системы ГЛОНАСС**

Система ГЛОНАСС (Global Navigation Satellite System - глобальная навигационная спутниковая система), как и система GPS, позволяет практически в любом месте Земли (за исключением приполярных областей) определить местоположение и скорость объектов. Основой системы являются 24 спутника (в настоящий момент число спутников существенно сокращено), движущихся над поверхностью Земли на высоте 19130 км. Спутники движутся по 3 орбитальным траекториям, плоскости

траекторий разнесены на 64,8 градуса. ГЛОНАСС- спутники излучают специальные сигналы в диапазоне 1598,0625 – 1604,25 МГц.

Передаваемые спутниками навигационные сигналы, принимаются ГЛОНАСС-приемниками, которые на основе метода триангуляции полученных сигналов позволяют определить местоположения объекта. Используемый в гражданском применении код позволяет определить координаты объекта с точностью до 57-70 м. В режиме обычного доступа ГЛОНАСС превосходит GPS по точности, обеспечивая при этом, возможность работы в более высоких широтах.

### **8.3. Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)**

Возможность дистанционного изучения объектов земной поверхности с помощью аэро-космических средств основывается на объективно существующих связях между параметрами этих объектов и их полем излучения.

**Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это метод изучения земной поверхности, основанный на неконтактной регистрации электромагнитного излучения земной поверхности в разных диапазонах спектра.**

Измерения интенсивности этого поля лежат в основе получения космических изображений Земли.

Конечной целью обработки данных дистанционного зондирования является распознавания объектов или ситуаций, которые попадают в поле зрения, и определение их положения в пространстве. Поскольку форма, размеры, физические свойства объектов значительно отличаются, разработано много способов выполнения процедур ДЗЗ..

#### **Классификацию основных способов и средств ДЗЗ:**

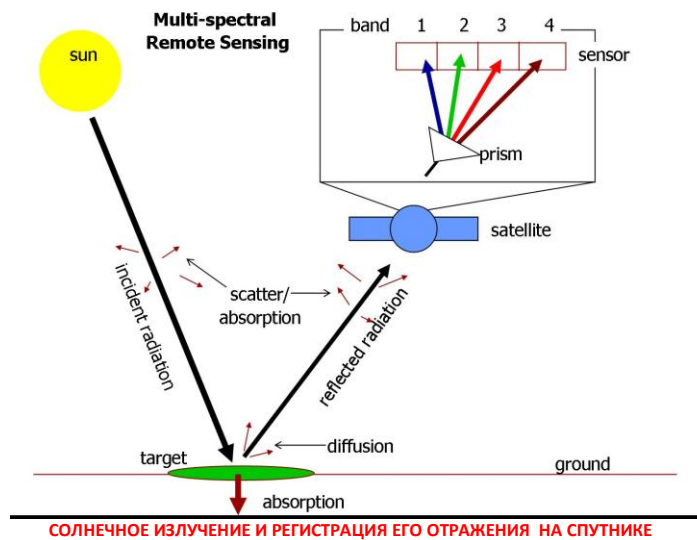
1. По спектральным диапазонам работы средства ДЗЗ.
2. По средствам получения ДЗЗ.
3. По типами носителей, на которые устанавливаются средства ДЗЗ.
4. По разрешающей способности получаемых материалов ДЗЗ.

#### **Спектральный диапазон работы.**

Для целей дистанционного зондирования используется диапазон электромагнитных волн 0,4 мкм – 30 см. Съемка делается не во всем диапазоне, а в отдельных зонах спектра, где есть "окна прозрачности" атмосферы, т.е. спектральные области, где коэффициент пропускания атмосферы довольно высокий (рис. 8.2.).

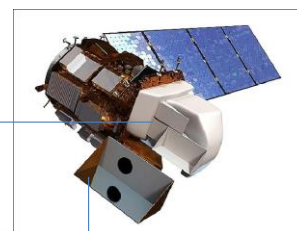
Зоны спектра разделяют на:

1) На световой диапазон (0,4-3,0 мкм) – приходится основная часть солнечной энергии, которая пропускается атмосферой. Этот диапазон длин волн разделяют на видимый (0,4-0,76 мкм) и ближний инфракрасный (0,76-3,0 мкм). Получаемые в световом диапазоне изображения обычно выглядят довольно "натурально". Поэтому в этой зоне спектра формируются детальные изображения земной поверхности, которые используют для целей картографирования и анализа состояния поверхности, в частности с использованием многозональных композитных снимков. В световом диапазоне работают фотографические, телевизионные, инфракрасные (ИК) и лазерные системы ДЗЗ, включая спутниковые.

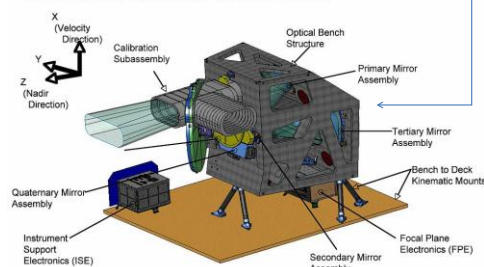


а)

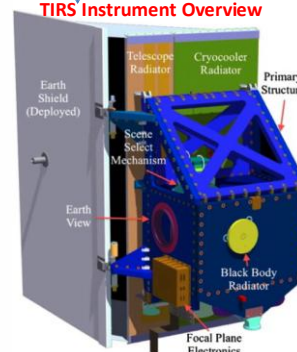
Технические характеристики Спутника Landsat 8	
Масса	2623 кг (1512 кг без топлива)
Размеры	3×3×4,8 м
Мощность	1351 Вт
Срок активного существования	5-10 лет



**OLI Instrument Overview**

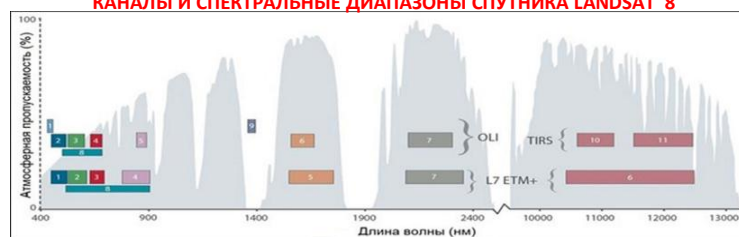


**TIRS Instrument Overview**



б)

**КАНАЛЫ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ДИАПАЗОНЫ СПУТНИКА LANDSAT 8**



Спектральный канал	Длины волн	Разрешение (размер 1 пикселя)
Диапазоны OLI (Operational Land Imager)		
Канал 1 - Побережья и аэрозоли	0.433 - 0.453 мкм	30 м
Канал 2 – Синий (B)	0.450 - 0.515 мкм	30 м
Канал 3 – Зеленый (G)	0.525 - 0.600 мкм	30 м
Канал 4 – Красный (R)	0.630 - 0.680 мкм	30 м
Канал 5 - Ближний ИК (NIR)	0.845 - 0.885 мкм	30 м
Канал 6 – Короткий-1 ИК (SWIR-1)	1.560 - 1.660 мкм	30 м
Канал 7 – Короткий-2 ИК (SWIR-2)	2.100 - 2.300 мкм	30 м
Канал 8 – Панхроматический (PAN)	0.500 - 0.680 мкм	15 м
Канал 9 - Перистые облака (SWIR)	1.360 - 1.390 мкм	30 м
Диапазоны TIRS (Thermal Infrared Sensors)		
Канал 10 - Дальний ИК (TIR-1)	10.30 - 11.30 мкм	100 м
Канал 11 - Дальний ИК (TIR-2)	11.50 - 12.50 мкм	100 м

в)

Рисунок 8.2 – Схема регистрации отраженного солнечного излучения (а), съемочная аппаратура спутника Landsat 8 (б) и ее спектральные диапазоны (в)

2) Средний и далекий ИК диапазон спектру представлены двумя "окнами прозрачности": 3-5 мкм и 8-14 мкм. На эти длины волн приходится максимум собственного теплового излучения Земли. Поскольку разные объекты, которые находятся на земной поверхности, имеют разные излучающие свойства, в этих диапазонах выходят снимки, которые отображают тепловую карту земной поверхности. Получаемые снимки сохраняют форму естественных объектов, но их тоновый и цветовой контраст отличается от привычного глазу человека. Сфера применения снимков: исследование тепловых свойств объектов земной поверхности, построение тепловых полей их излучения (рис 8.3), мониторинг состояния растительности в городе (рис.8.4) и т.д. В этом спектральном диапазоне дистанционное зондирование выполняется ИК и лазерными системами.

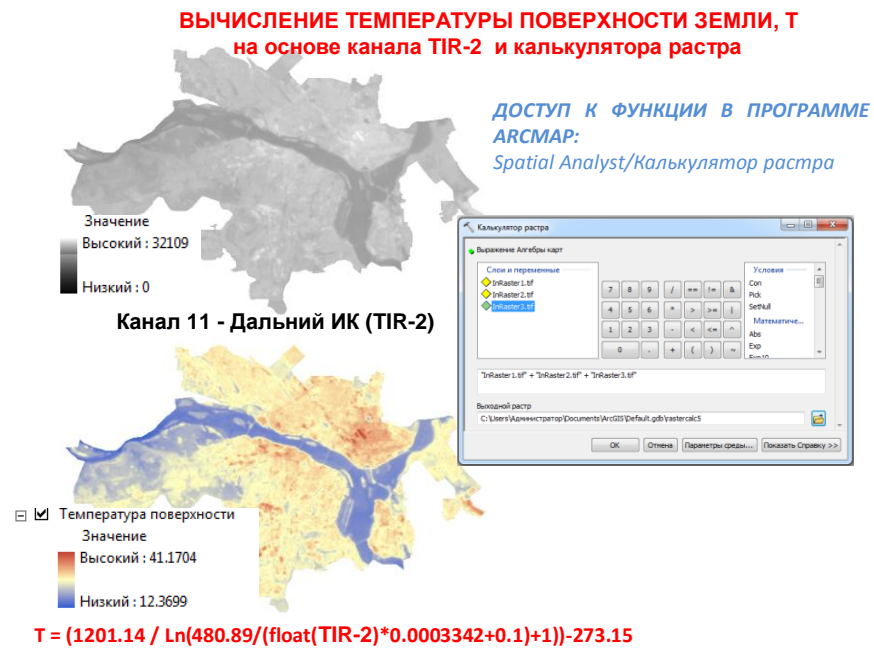


Рисунок 8.3 –Пример построения теплового поля земной поверхности

**Карта нормализованного относительного индекса  
растительности (NDVI) Днепропетровска на 4 июня 2015**

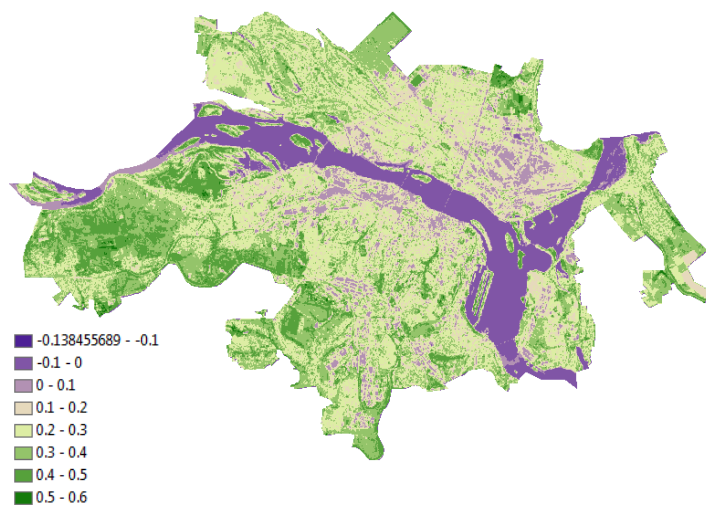


Рисунок 8.4 – Пример карты состояния растительности города, полученной в результате обработки многозональных снимков из космоса

3) При выполнении дистанционного зондирования в радиодиапазоне используются ультракороткие электромагнитные волны (УКВ), имеющие длину 1 мм – 30 см. Приемник излучения может фиксировать как собственное микроволновое излучение объектов, так и отраженное (в последнем случае осуществляется облучение земной поверхности с борта носителя).

Съемка выполняется радиотехническими станциями, станциями радиолокации бокового обзора (РЛСБО), но чаще всего РЛСБО с синтезированной апертурой антенны (РСА). Полученные изображения используются для мониторинга ледяных покровов, исследование водных поверхностей и решение других задач. Особенно перспективное использование этих материалов для получения информации о рельефе земной поверхности.

### **Средства обеспечения ДЗЗ.**

Широкий диапазон излучений электромагнитного спектра, в котором выполняется ДЗЗ, обусловил появление большого количества разных средств съемки.

1. **Фотографические средства** получили наиболее широкое распространение, как исходные, для выполнения кадастровых и землеустроительных работ, а также для анализа состояния земной поверхности, что отмечалось выше.

Основные виды аэрофотосъемки:

Плановая, когда земная поверхность снимается в направлении местной вертикали (угол отклонения оптической оси аппарата от вертикали не превышает  $3^\circ$ ). Такая съемка выполняется кадровыми аппаратами для целей картографирования.

Перспективная съемка делается с целью получения информации о рельефе земной поверхности. В этом случае оптическая ось фотокамеры может отклоняться от вертикали на разные углы вплоть до  $60-70^\circ$ .

Панорамная, когда снимается сразу вся полоса местности поперек маршрута полета «от горизонта до горизонта»

Изображения регистрируются на фотопленке (черно-белой, цветной или спектральнозональной) или в цифровых фотоаппаратах на фоточувствительной матрице. Для этого используются приборы с зарядовой связью (ПЗС). Современные ПЗС-камеры позволяют получить изображения, которые по разрешающей способности сопоставимы с изображениями на фотопленке. Эти системы, как проиллюстрировано выше, приобрели наибольшее распространение при ДЗЗ из космоса.

При выполнении спектральнозональной съемки одновременно получают несколько изображений одной и той же участка земной поверхности в разных зонах спектра. Дальнейшая обработка спектральнозональных снимков позволяет выполнить процедуру дешифровки с учетом спектральных свойств объектов, которая значительно повышает ее эффективность (см. рис.8.3, 8.4). Современные высококачественные фотокамеры позволяют достичь разрешения на местности в единицы сантиметров.

2. **Телевизионные средства.** По принципу работы напоминают фотографические, только в фокальной плоскости объектива устанавливается телевизионная передающая трубка (видикон). Сформированный в ней видеосигнал усиливается и воссоздается на телевизионном мониторе, установленном на борту носителя, или передается радиоканалом к наземному приемному пункту и воссоздается на мониторе оператора. Телевизионные средства служат для дистанционного мониторинга земной поверхности в реальном масштабе времени и не могут обеспечить высокую разрешающую способность на местности.



**3. Сканирующие системы.** В этих системах приемник сканирует узкую полосу местности в направлении, перпендикулярном к направлению полета носителя, т.е. выполняется его развертка подобной той, которая осуществляется в электронно-лучевых приборах (формируется строка изображения). За счет движения носителя строки сдвигаются в направлении полета. Синхронно с выполнением процедуры сканирования осуществляется процесс регистрации излучения приемником: делается развертка луча записи и формируется изображение на экране монитора, фотоматрице или фотопленке. По такому принципу организованы многие инфракрасные и лазерные систем ДЗ. В лазерных системах, в отличие от инфракрасных, местность подсвечивается мощным лазером синхронно со сканированием.

**4. Многоэлементные системы ДЗЗ.** В этих системах в фокальной плоскости объектива устанавливается линейка приемников электромагнитного излучения, и, таким образом, отпадает необходимость выполнения операции сканирования. Линейка приемников сразу формирует одну строку изображения поперек направления полета, а за счет движения носителя формируется все изображение как совокупность строк. Вместо линейки приемников в фокальной плоскости объектива может устанавливаться матрица фотоприемников.

**5. Средства радиолокации ДЗЗ.** На практике чаще всего используются или пассивные средства радиолокации, которые регистрируют электромагнитное излучение естественных образований, или активные. В активных зондирующие радиоимпульсы излучаются в боковых направлениях относительно полета носителя, и регистрируется отраженное излучение. Специальные алгоритмы обработки отраженных сигналов позволяют получить данные о высоте рельефа местности.

#### **Носители для ДЗЗ.**

ДЗЗ может выполняться из космических летательных аппаратов (КЛА), а также из самолетов и вертолетов разных классов, возможное использование средств авиации общего назначения типа мотодельтаплана, и воздушных шаров.

Значительный технологический и экономический эффект дает использование GPS-приемника, который устанавливается на борту носителя и соединяется со съемочной аппаратурой. В этом случае в процессе съемки возможно определение координат центра проекции и угловых элементов внешнего ориентирования снимков и можно отказаться от использования гиостабилизированных платформ и планово-высотной привязки фототриангуляции.

**Программное обеспечение.** Программы обработки и тематической дешифровки изображений предназначены, прежде всего, для предварительной обработки, фильтрации, классификации и анализа изображений.

Операции превращения изображений в подобных программах выполняются в такой последовательности:

- введение и первичное формирование изображений (преобразование цифровую форму, добавление в файл изображения служебной информации);
- предварительная обработка изображения;
- геометрическая коррекция;
- радиометрическая, спектральная и частотная коррекция;
- подавление шумов;

**Тематическая обработка.**

Тематическая обработка изображений заключается в распознавании земных объектов и оценке параметров, которые характеризуют их состояние:

- арифметические и логические операции над изображением;
- фильтрация изображения с целью контрастирования, сглаживания, выделение контуров, линейных элементов;
- классификация изображений (по спектральным и геометрическим признакам), которая может проводиться оператором, автоматически или интерактивно;
- создание тематических слоев (например, с помощью преобразований "растр-вектор");
- введение результатов классификации в атрибутивную базу данных.

Наиболее известными программами обработки и тематической дешифровки изображений являются ERDAS Imagine, ER Mapper, PCI, EASE/PACE, IDRISI.

ERDAS Imagine позволяет объединять данные от разных средств ДЗЗ (фотографических, ИК-сканеров и РЛСБО), что существенным образом повышает ценность получаемой информации при решении, например, кадастровых задач.

**Географическую привязку** по обыкновению выполняют двумя способами. **Первый способ** заключается в трансформации снимков в заданную картографическую проекцию. **Второй способ** географической привязки заключается в расчете и внесении в изображение снимка сетки заданных параллелей и меридианов. В любом случае необходимо иметь уравнение связи между системой координат снимка и географической системой координат.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте две основные группы методы наблюдения за территориями Земли и окружающей средой.
2. Изложите принцип работы спутниковых радионавигационных систем.
3. Кратко охарактеризуйте систему GPS
4. Кратко охарактеризуйте систему ГЛОНАСС.
5. Изложите суть методов ДЗЗ и приведите их наиболее общую классификацию
6. Охарактеризуйте спектральный диапазон работы средств ДЗЗ
7. Перечислите существующие средства получения материалов ДЗЗ.
9. Перечислите и охарактеризуйте основные виды съемки местности при ДЗЗ.
10. Приведите последовательность тематической обработки изображений, получаемых в результате ДЗЗ, и порядок их географической привязки.

## Литература.

1. Граур А.В. Математическая картография. Л.: Изд-во Наркомпроса, 1938. 308с.
2. Светличный А.А., Андерсон В.П., Плотницкий С.В., Географические информационные системы: технология и приложения. Одесса: Астропринт, 1997.- 196с.
3. Хейфец Б.С. Аппроксимирование топографической поверхности ортогональными полиномами Чебышева. // Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофото-съёмка. - М: Выш. 2,1964, С. 78 - 86.
4. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты. /Под ред. Е.И. Халугина. - М.: Недра, 1992. - 419 с.
5. Верлан В.А. Основы геоинформатики: Конспект лекций. - Одесса: Вид-во «ТЗС», 2004.- 124с.
6. Кошкаров А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: "Картгеоцентр", 1993.-257с.
7. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: "Финансы и статистика", 1998. - 260 с.
8. Сербенюк С.Н. Картография и геоинформатика - их взаимодействие /Под ред. В.А. Садовниченко. - М: Изд-во Моск. ун-та, 1990. -159 с.
9. Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат М38-84 (Постанова КМ України №2359, від 22 грудня 1999 р.) // Урядовий кур'єр від 13.01.2010 - № 5.
10. Ю.Берлянт А.М., Линник В.Г., Новаковский Б.А. Банки данных для целей мониторинга.//Банки географических данных для тематического картографирования. -М.: Изд-во Моск. Ун-та.-1987, с. 147-156.
11. Тищенко А.П., Викторов С.В. Природа Земли из космоса. Изучение природных ресурсов Земли с помощью данных, передаваемых со спутников по радиоканалам. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 180 с.
12. Новаковский Б.А., Свентзк Ю.В. Аналитическая географическая привязка природных объектов по сканерным аэрокосмическим изображениям.//Исследование Земли из космоса. - М: №4, 1980, С.92-96.
13. Новаковский Б.А., Петров П.В. Картографо-фотограмметрический анализ и аналитическое исправление сканерных космических изображений.//Геодезия и картография. - М.: №6, 1985, С.39-41.
14. Геоинформатика. Теория и практика. Вып. 1 / Под. Ред. А.И. Рюмкина, Ю.Л. Костюка. - Томск: Изд. Томского ун-та, 1998. - 415 с.
15. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. - Одесса: Астропринт, 1997, 196 с.
16. Саричева Л.В. Комп'ютерний еколого-соціально-економічний моніторинг регіонів. Математичне забезпечення: Монографія. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 222 с.
17. «Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми»; під. ред. Моніков В.В. – Вінниця.
18. Государственная система экологического мониторинга Украины (СЭМ «Украина»). Блок ведомственного экологического мониторинга «Геологическая среда» (БВЭМ ГС). Методология создания. Киев, Геопрогноз, 1994, 19 с.
19. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и политика. 1998. 287 с.
20. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.] під ред. В.М. Боголюбова.– Вінниця: ВНТУ, 2010.– 232
21. Матеріали з впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред. С.С. Куруленка – Київ: ДЕТ Мінприроди України, 2007. – 216 с.] с.
22. Верлан В.А. Основы цифровой картографии : Конспект лекций ОДЕУ.–Одесса: Вид-во ТЕС,2012.–174